

OXIDATION RESISTANT COMPOSITION

Patent number: JP1115878
Publication date: 1989-05-09
Inventor: JIYON JIYOSEFU BURENAN; JIYOOJI KABANAFU
RAIDEN; KAARU EMU PUREO
Applicant: UNITED TECHNOLOGIES CORP
Classification:
- **International:** C04B35/18; C04B35/80
- **european:**
Application number: JP19880189565 19880728
Priority number(s): US19870108855 19871014

Also published as:

- US4857485 (A1)
- GB2211837 (A)
- FR2621908 (A1)

Abstract not available for JP1115878

Abstract of correspondent: **US4857485**

A silicon carbide fiber reinforced glass-ceramic matrix composite article is disclosed. The matrix is a lithium alumino silicate glass-ceramic composition which may include from 1 to 5 weight percent B₂O₃. The fiber reinforced glass-ceramic matrix composite article exhibits both high flexural strength at elevated temperatures and oxidative stability at elevated temperatures in an oxidizing environment.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

⑪ 公開特許公報 (A) 平1-115878

⑤Int.Cl.⁴
C 04 B 35/80
35/18

識別記号
厅内整理番号
C-8618-4G
A-7412-4G

⑥公開 平成1年(1989)5月9日

審査請求 有 請求項の数 2 (全8頁)

⑦発明の名称 耐酸化性組成物

⑧特願 昭63-189565	⑨出願 昭63(1988)7月28日
⑩優先権主張 ⑪1987年10月14日⑫米国(US)⑬108,855	
⑭発明者 ジョン ジョセフ ブレナン	アメリカ合衆国, コネチカット, ポートランド, ミドルハダム ロード (無番地)
⑭発明者 ジョージ カバナフ ライデン	アメリカ合衆国, コネチカット, ウエスト ハートフォード, フアーミントン アベニュー 1071
⑭発明者 カール エム. プレオ	アメリカ合衆国, コネチカット, バーノン, インディアントレイル 63
⑮出願人 ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション	アメリカ合衆国, コネチカット, ハートフォード, フайнシャンブル プラザ 1
⑯代理人 弁理士 志賀 富士弥	

明細書

1. 発明の名称

耐酸化性組成物

2. 特許請求の範囲

(1) 約20容積パーセントから約60容積パーセントまでの炭化ケイ素の繊維と、

約40容積パーセントから約80容積パーセントまでのガラスーセラミックの基材とから成り、

前記ガラスーセラミック基材の組成が、約60重量パーセントから約75重量パーセントまでのSiO₂と、約15重量パーセントから約25重量パーセントまでのAl₂O₃と、約1.5重量パーセントから約5重量パーセントまでのLi₂Oと、

約1重量パーセントから約5重量パーセントまでのMgOと、

約3重量パーセントまでのZrO₂と、約3重量パーセントまでのAs₂O₃と、約2重量パーセントから約5重量パーセントまでのB₂O₃とから成り、

前記組成物が、高温における高いたわみ強度と酸化雰囲気内での高温における酸化に対する安定性の両方を有していることとより成る繊維強化組成物。

(2) 約20容積パーセントから60容積パーセントまでの炭化ケイ素の繊維と、

約40容積パーセントから約80容積パーセントまでのガラスーセラミックのマトリックスとから成り、

前記ガラスーセラミックのマトリックスの組成が、

約60重量パーセントから約70重量パーセントまでのSiO₂と、約1.5重量パーセントから約2.5重量パーセントまでのAl₂O₃と、約1.5重量パーセントから約5重量パーセントまでのLi₂Oと、

約1重量パーセントから約5重量パーセントまでのMgOと、

約1重量パーセントから約3重量パーセントまでのZrO₂と、

約0.4重量パーセントから約2重量パーセントまでのNa₂Oと、

約0.05重量パーセントから約0.5重量パーセントまでのK₂Oと、

約0.5重量パーセントから約3重量パーセントまでのAs₂O₃と、

約2重量パーセントまでのZnOと、

約2重量パーセントまでのNd₂O₃と、

約1重量パーセントから約5重量パーセントまでのB₂O₃とより成り、

ZnとBaOとNa₂OとK₂OとAs₂O₃について組み合わされた量が、約0.2重量パーセントと約3重量パーセントとの間にあることを特徴とする繊維強化組成物。

3. 発明の詳細な説明

(課題を解決するための手段)

本発明の1実施態様によれば、組成物は、約20容積パーセントから約60容積パーセントまでの炭化ケイ素繊維と、約40容積パーセントから約80容積パーセントまでのガラスーセラミックのマトリックスより成る。ガラスーセラミックのマトリックスは、約60重量パーセントから約75重量パーセントまでの二酸化ケイ素(SiO₂)と、約15重量パーセントから約25重量パーセントまでのアルミナ(Al₂O₃)と、約1.5重量パーセントから約5重量パーセントまでの酸化リチウム(Li₂O)と、約1重量パーセントから約5重量パーセントまでのMgOと、約3重量パーセントまでのZnOと、約3重量パーセントまでのAs₂O₃と、約2重量パーセントから約5重量パーセントまでの三酸化ホウ素(B₂O₃)とを有している。繊維で強化された組成物は、高温度における高いたわみ強度と酸化雰囲気内での高温度における酸化に対する高い安定性との両方を示している。

(産業上の利用分野)

本発明は、繊維強化組成物に関するもので、特に、高温度下での使用に適した繊維強化組成物に関するものである。

(従来の技術)

高温度で使用される炭化ケイ素繊維で強化されたガラスーセラミックのマトリックスの複合材は公知である。炭化ケイ素で強化されたガラスーセラミックのマトリックスの複合材は、高温度における高いたわみ強度を特徴としている。しかしながら炭化ケイ素繊維で強化されたガセスーセラミックのマトリックスの組成物が酸化雰囲気の中で高温度にさらされると、前記組成物の高いたわみ強度が低下するおそれがある。

(発明が解決しようとする課題)

そこで本発明の目的は、上記の問題が解消して、酸化雰囲気下において高温加熱されてもたわみ強度の低下が少ない炭化ケイ素繊維で強化されたガラスーセラミックのマトリックスの組成物を提供しようとするものである。

本発明の別の実施態様によれば、組成物は、約20容積パーセントから約60容積パーセントまでの炭化ケイ素繊維と、約40容積パーセントから約80容積パーセントまでのガラスーセラミックのマトリックスより成る。ガラスーセラミックのマトリックスは、約60重量パーセントから約75重量パーセントまでのSiO₂と、約15重量パーセントから約25重量パーセントまでのAl₂O₃と、約1.5重量パーセントから約5重量パーセントまでのLi₂Oと、約1重量パーセントから約5重量パーセントまでのMgOと、約1重量パーセントから約3重量パーセントまでのZrO₂と、約0.4重量パーセントから約2重量パーセントまでのNa₂Oと、約0.05重量パーセントから約0.5重量パーセントまでのK₂Oと、約0.5重量パーセントから約3重量パーセントまでのAs₂O₃と、約2重量パーセントまでのZnOと、約2重量パーセントまでのBaOと、約1重量パーセントまでのNd₂O₃と、約1重量パーセントまでのB₂O₃とを有している。し

かして、 ZnO と BaO と Na_2O と K_2O と As_2O_3 について組み合わされた量は、約0.2重量パーセントと約3重量パーセントとの間に設定されている。

本発明のこれらとその他の特徴と特長は、下記の説明によりさらに明らかとなるであろう。

(実施例)

本発明に係る炭化ケイ素繊維は、連続した炭化ケイ素繊維であってもよく、不連続な炭化ケイ素繊維であってもよい。本発明を実施するにあたり、使用にさいし炭化ケイ素繊維が強化されていることが好ましいが、本発明の組成物を製造した後、炭素リツチな界面層を示す繊維を強化するものであればどのようなものでも適当である。炭素リツチな層は、組成物を製造する前に、例えば、SCS-6(アブコ社製)、HPZ(ダウ・コーニング社製)またはネクステル(3M社製)繊維のごとき繊維強化材の表面に(例えば、化学的な蒸着により)付加することができる。炭素リツチな界面層は、例えば、ニカロン(日本カーボン社

本発明の1実施例によれば、重量パーセントで表わされている適当なマトリックスとしては、 ZnO と BaO と Na_2O と K_2O と As_2O_3 について結合された量が0.2重量パーセントと3パーセントとの間にあるものとすれば、次ぎのものを挙げることができる。

SiO_2	60 - 70
Al_2O_3	15 - 25
Li_2O	1.5 - 5
B_2O_3	1 - 5
MgO	1 - 5
ZnO	0 - 2
ZrO_2	0 - 3
BaO	0 - 2
Nd_2O_3	0 - 1
Na_2O	0 - 2
K_2O	0 - 0.55
As_2O_3	0 - 3

本発明の別の実施例によれば、重量パーセントにより表わされている適当なマトリックス組成物

製)、MPDZ(ダウ・コーニング社製)またはタイラノ(宇部興産社製)のごとき繊維を使用して組成物を製造する間、適所に形成される。本発明に使用する特に適していることが判明した炭化ケイ素繊維は、ニカロン(日本カーボン社製)として知られているものである。ニカロン繊維は、繊維の平均の直徑が約10ミクロンであつて、1本の粗糸当たり約500本の繊維を有する糸として利用に供されている。繊維の平均引張強度は約2000 MPa(3×10^6 psi)であり、また弾性係数は約22.1 GPa(32×10^9 psi)である。

繊維で強化された耐火物であるリチウム・アルミニノケイ酸塩のガラスセラミックのマトリックス組成物は、出願人が所有する米国特許第4,324,843号と第4,485,179号に開示されている。本発明の組成物のマトリックスは、選択された量の B_2O_3 が添加されている点で従来の耐火物のリチウム・アルミニノケイ酸塩のガラスセラミック組成物と異なっている。

としては、次ぎのものを挙げることができる。

SiO_2	60 - 75
Al_2O_3	15 - 25
Li_2O	1.5 - 5
MgO	1 - 5
ZrO_2	0 - 3
As_2O_3	0 - 3
B_2O_3	2 - 5

上記の範囲内にはいる適当なガラスセラミック組成物は、2つの方法により調製することができる。一般に使用されているホウケイ酸塩ガラスの粉末(例えば、コーニング7740)を一般に使用されているリチウム・アルミニノケイ酸塩ガラスの粉末と混合し、上記の範囲内にはいる組成物が得られる。その他、 B_2O_3 をあらかじめ溶けたリチウム・アルミニノケイ酸塩に添加してもよい。

マグネシウム・アルミニノケイ酸塩、バリウムのアルミニノケイ酸塩、カルシウム・アルミニノケイ酸塩のごときガラスセラミックの組成物にもとづく他の耐火物のマトリックスまたはガラスセラ

ミック材料の組み合わせに基づくマトリックスは、本発明のマトリックスとしては有用である。

「ガラスーセラミック」の用語は、プロセスのパラメータによるが、ガラス層からだけ成るかまたはガラス層とセラミック層より成る材料を指すようこの明細書では使用されている。

本発明の組成物は、SiCを含む層を熱間プレスするか、または組成物を固めるためSiCの繊維とガラスーセラミックのマトリックス組成物との混合物を熱間プレスし、しかるのちに、部分的に結晶状のマトリックスを必要とする場合は、マトリックスを結晶化するために固められた組成物を加熱することにより製造することが出来る。

組成物に用いる強化繊維は、例えば出願人が所有する米国特許第4,341,826号に開示されている。この米国特許第4,341,826号の強化繊維に関する開示は、本発明の開示の一部として採用する。この強化繊維材と粉末状のガラスーセラミックのマトリックス組成物とを含有したプライを重ね合わせることにより形成されるこ

g/cm²(5Ksi)までに間の圧力のもと約1200°Cと約1500°Cとの間の温度で約2分から約1時間までの間にわたって熱間プレスされる。なお、上記より時間を短くする場合は、通常、上記より温度と圧力を高くすることが必要である。

固化の後、組成物は、マトリックスを結晶化させるため、好適にはアルゴンのごとき不活性な雰囲気の中で約2時間から約48時間までの間にわたって約800°Cから約1200°Cまでの間の温度まで加熱される。

特定の理論により限定されることを望むものではないが、酸化に対する抵抗を改善できたことは、いくつかのファクターの相互作用によるものと思われる。

炭素リッチな層は、炭化ケイ素繊維により強化されたガラスーセラミックのマトリックスの組成物を製造している間、繊維/マトリックスの界面で形成される。炭素リッチな界面層は、酸化体にさらされると、約500°Cを上回る温度で容易

とが好ましい。各プライの中における繊維が強化される向きがほぼ一方向であり、連続したプライの繊維の向きの間の関係が組成物に所要の特性を与えるよう選択された層が重ね合わされている。例えば、本発明の組成物は、この明細書で“0°”の方向として表示されている基準方向に向きぎめされた繊維を有するプライとこの明細書で“90°”の方向として表示されている基準方向に関し90°の角度で向きぎめされた繊維を有するプライを交互に重ね合わせるようにしてもよい。

繊維強化材は、繊維により強化されたガラスーセラミックのマトリックスの複合材料について約20%と約60%との間にある容積部分より成ることが好ましい。もし、繊維の容積部分が約20%を下回る場合、繊維を適切に分散させることは困難であり、また、もし、繊維の容積部分が約60%を越える場合、ガラスーセラミックのマトリックスの複合材料の剪断特性は低下する。

しかるのち、積み重ねられたバイルは、約17.4Kg/cm²(250psi)から約347K

に酸化される。酸化体は、マトリックスの中の微小割れを介しあつ微小割れの箇所と組成物の表面と交差する繊維の切断端とから界面層に沿って酸化体が拡散することにより界面層と接触する。界面層が酸化すると、組成物のたわみ強度が劣化する結果となる。

微小割れは、マトリックス材料の脆性破壊により生じるとともに、組成物の温度が変化したとき、組成物が寸法上の変化を受けるにしたがつて発生する応力により生じる。

本発明のマトリックスの中にB₂O₃が含まれていると、比較的多くの量が存在し、B₂O₃が含まれていない同族のリチウム・アルミニケイ酸塩のマトリックス組成物のガラス状の層よりも粘性が低いガラス状の層が残留する結果となる。残留したガラス状の層の粘性が低いと、製造の間に生じた応力を塑性状の流動により解放することにより微小割れの形成が阻止されることになる。ガラス状の層の粘性が低くなることは、のちほど説明される荷重支持能力に関する温度の制限が低下する

原因ともなる。

マグネシウム・ホウ素アルミニノケイ酸塩より成る粘性の低いガラス層の皮膜が組成物の表面上かつ該表面と交差する繊維の端部の回りで形成され、組成物の表面と交差する繊維の切断端で繊維／マトリックスの界面を効果的に封止する酸素拡散バリアーを提供するとともに、“ハイブライン状の”酸化が炭素リッチな界面層の長さに沿つて組成物の表面で生じることが阻止される。

本発明のマトリックス中のセラミック層に対する残留ガラス状層の相対的な割合は、本発明の炭化ケイ素繊維による強化に正確にマッチした熱膨張係数を示すマトリックスを提供するものである。これに伴つて、組成物の温度が変化したとき発生する熱応力の大きさを減少させることにより、マトリックスに微小割れが生じることが阻止される。

最後に、ホウ素がマトリックスから界面層を横切つて炭化ケイ素繊維強化材の中に拡散することが、オージエ走査解析により明らかにされている。繊維／マトリックスの界面でホウ素が存在するこ

BaO	0.8	0.6	0.7
Nd ₂ O ₃	0.2	0.15	0.18
Na ₂ O	0.2	1.12	0.45
K ₂ O	0.1	0.08	0.09
As ₂ O ₃	0.7	0.53	0.63

組成Aは、リチウム・アルミニノケイ酸塩ガラスセラミックの組成より成る。

組成Bは、組成Aが75重量パーセントとホウケイ酸塩のガラス粉末（コーニング7740）が25重量パーセントとの混合物より成る。

組成Cは、組成Aが90重量パーセントとホウケイ酸塩のガラス粉末（コーニング7740）が10重量パーセントとの混合物より成る。

組成BとCは、ガラスセラミックとガラスの粉末をポールを使用して混合することにより形成された。

試験片は、69.4Kg/mm²（1Ksi）のもと1250°Cより1350°Cまでの温度で30分間にわたり熱間プレスすることにより固化された。固化した試験片は、マトリックスを結

とは、高温度の酸化雰囲気に露出した界面のうち炭素リッチな界面層が酸化に対する抵抗を大幅に改善しているように思われる。

実例1

4つの異なったガラスセラミックのマトリックスの組成を使用することにより、炭化ケイ素繊維（ニカロン）で強化されたガラスセラミックのマトリックスの組成物の試験片が調製された。ガラスセラミックのマトリックスを重量パーセントで表した組成は、第1表に示されている通りである。

第1表

	A	B	C
SiO ₂	69.2	72.0	70.4
Al ₂ O ₃	21.1	16.5	19.3
Li ₂ O	3.1	2.3	2.9
B ₂ O ₃	-	3.3	1.3
MgO	1.9	1.4	1.7
ZnO	1.1	0.82	1.0
ZrO ₂	1.6	1.2	1.45

晶化させるため、900°Cの温度で16時間にわたってアルゴン雰囲気の中で加熱された。マトリックスの組成と各タイプの試験片の繊維強化材の容積パーセントは第2表に示されている通りである。試験片はすべて、組成物の表面に2つの連続した0°の向きを有するパイルを備えた0°と90°に交互に向きを改めたパイルより成る。

各マトリックスの組成から形成された試験片の室温たわみ強度は、高温で組成物を酸素に露出させた後、試験された。結果は第2表に示されている通りである。

第2表

マトリックス の組成	容積%で表 した繊維	酸化 前の ()は、K ₁ sを表す	T = 450°C
A	44	5136 (74)	5277@ (76)
B	44	5621	6178*

		(81)	(88)
C	49	5968	5136*
		(86)	(74)
T =	T =	T =	
600°C	750°C	850°C	
5274@	4372@	4372°	
(76)	(63)	(63)	
550°C)	700°C)		
-	5552°	6177°	
	(80)	(89)	
5066°	5552°	5205°	
(73)	(80)	(75)	

*は、温度TにおいてO₂を流動した状態で16時

間の後で得られた結果を示す。

@は、温度TにおいてO₂を流動した状態で24時
間の後で得られた結果を示す。

°は、温度TにおいてO₂を流動した状態で60時
間の後で得られた結果を示す。

°は、温度TにおいてO₂を流動した状態で70時

		(85)	
B	44	6732	6246
		(97)	(90)
C	49	7495	6662
		(108)	(96)

	800°C	900°C	1000°C	1100°C
	4997	4719	5760	5830
	(72)	(68)	(83)	(84)
	6107	6593	6593	902
	(88)	(95)	(95)	(13)
	8050	7773	6732	3819
	(116)	(112)	(97)	(55)

マトリックスの組成Aを有する試験片は、1100°Cまでの温度で高いたわみ強度を示した。マトリックスBまたはCを有する試験片はそれぞれ、1000°Cまでの温度では高いたわみ強度を示したが、1000°Cを越えると、たわみ強度が急激に低下することを示した。これらの結果は、マト

リの後で得られた結果を示す。

マトリックスの組成Aを有する試験片は、O₂に露出させた後、たわみ強度が低下したことを示した。強度の低下は、繊維/マトリックスの界面で炭素の層が酸化したことを示すものである。

マトリックスの組成BまたはCを有する試験片はそれぞれ、B₂O₃を添加することにより高い酸化に対する安定性を示す温度範囲にわたって高いたわみ強度を示した。

一連の試験片の3点におけるたわみ強度は、空気中で高い温度で測定された。いろいろな温度におけるマトリックスの組成と、容積パーセントで表した繊維と、たわみ強度は、第3表に示されている通りである。

第3表

高温で測定されたたわみ強度 (Kg/cm ²)			
マトリックス 容積%で表			
の組成	した繊維	600°C	700°C
() は K _{Si} を表す			
A	44	-	5899

リックス中のB₂O₃濃度が増加すると、組成物の耐火度が低下することを示すものである。

実例2

0°に向きざめされた表面層が使用されたことを除き、実例1の方法に従って組成物のサムブルが調製された。使用されたマトリックスの組成を重量パーセントで表したもののが、第4表に示されている。

第4表

	E	F	G
SiO ₂	70.9	69.7	68.5
Al ₂ O ₃	21.6	21.2	20.9
Li ₂ O	3.1	3.1	3.1
MgO	2.0	2.0	1.9
ZrO ₂	1.6	1.6	1.6
Na ₂ O	-	-	-
As ₂ O ₃	0.7	0.7	0.7
B ₂ O ₃	-	1.7	3.3

H	I
67.4	73.2
20.5	16.2
3.0	2.3
1.9	1.5
1.5	1.12
-	1.12
0.7	0.525
5.0	3.4

組成Eは、リチウム・アルミノケイ酸塩より成る。

組成Fは、組成Eが98.3重量パーセントとB₂O₃が1.7重量パーセントとの混合物より成る。

組成Gは、組成Eが96.7重量パーセントとB₂O₃が3.3重量パーセントとの混合物より成る。

組成Hは、組成Eが95重量パーセントとB₂O₃が5重量パーセントとの混合物より成る。

組成Iは、組成Eが75重量パーセントとホウ

ケイ酸塩(コーニング7740)が25重量パーセントとの混合物より成る。

サンプルは高温で70時間にわたってO₂に露出された。O₂への露出に続いて、サンプルは、3点におけるたわみ試験に付された。試験の結果は、第5表に示されている通りである。

第5表
室温における3点でのたわみ強度(Kg/cm²)

マトリックス	容積%で表		酸化
の組成	した繊維	の前	450°C
()内は、Ks-Iを表す。			
E	4.6	4025	3497
		(58)	(50)
F	4.2	5066	3678
		(73)	(53)
G	4.3	5206	4789
		(75)	(69)
H	4.2	4303	3956
		(62)	(57)
I	5.3	4372	4233

に露出させた後、たわみ強度が低下したことを示した。マトリックスの組成Eを有する試験片について第2表に示されている結果と比較すれば明らかなように、B₂O₃の含有量が約2.0重量パーセントを下回る場合、Na₂O、K₂OまたはZnOのごとき他の融点の低い金属酸化物の成分と結合されない限り、効果的ではない。

マトリックスの組成G、HまたはIを有する試験片はそれぞれ、関係のある温度範囲全体にわたって高いたわみ強度を示すとともに、B₂O₃を添加することにより酸化に対する高い安定性が与えられることが明らかとなつた。マトリックスの組成Hに関する結果は、3.3重量パーセントを上回ってB₂O₃の濃度を増加させたにもかかわらず、酸化の対する安定性についてなんら付加的な特長が得られなかつたことを示している。実例Iの第1表に示されている結果は、マトリックス中のB₂O₃の濃度が増加すると、組成物が荷重支持能力を示す上部温度限界が低下する傾向があるので、マトリックス組成EにもとづくB₂O₃のマトリッ

(63) (61)

O ₂ への露出に続く70時間の後 @ T =		
550°C	700°C	850°C
1874	1943	2151
(27)	(28)	(31)
1457	3331	2915
(21)	(48)	(42)
5066	5344	4233
(73)	(77)	(61)
4419	4650	4372
(68)	(67)	(63)
4234	4303	4372
(61)	(62)	(63)

マトリックスの組成Eを有する試験片は、O₂に露出させた後、たわみ強度が低下したことを示した。強度の低下は、繊維/マトリックスの界面にある炭素の層で酸化が生じたことを示すものである。

マトリックスの組成Eを有する試験片も、O₂

クス組成については、約3重量パーセントから約4重量パーセントまでのB₂O₃含有量が、本発明の目的を達成するにあたり特に好ましい。

本発明に係る織維で強化されたガラスーセラミックのマトリックスの組成物は、高温における高い荷重支持能力と酸化に対する高い安定性の両方を示している。

本発明の組成物は、約1000℃までの温度では短時間における高いたわみ強度を示しているが、クリープと応力破壊についての研究の結果、長期間にわたる荷重支持能力は、約800℃までの温度に制限されることが明らかにされている。しかし、800℃を上回った温度で本発明に係る組成物を使用することは、低い応力の条件のもとでは可能かもしれない。

本発明の組成物は、酸化に対する高い安定性を示しているが、大気温度から800℃を上回った温度範囲で長期間にわたってO₂に露出した後でも、室温でのたわみ強度の実質的な劣化を示していない。

本発明の実施例について本発明を説明したが、請求項に記載されている本発明の精神と範囲から逸脱しない限り、本発明にいろいろな変更を加えてさつしかえないことは、当業者であれば容易に理解していただけよう。

代理人 弁理士 志賀富士弥



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.